

パイプ変断面鋼製橋脚の強度と変形能に関する解析的研究

名城大学

岸本 直也

名城大学大学院 学生会員

萩野 勝哉

名城大学

正会員

葛 漢彬

1. まえがき

1995年1月に発生した兵庫県南部地震による過大な繰り返し荷重が鋼製橋脚に作用した際に、鋼製橋脚の基部や変断面部などにおいて、鋼構造物の終局状態の1つである局部座屈による損傷が数多く見られた。特に変断面部で発生した局部座屈については、兵庫県南部地震以前に変断面橋脚が、比較的によく使用され、強度と変形能の確保が十分にされていなかったことが原因として挙げられる。そのため、兵庫県南部地震以後は、変断面橋脚が、ほとんど使用されなくなってしまった。しかし、設計条件によっては変断面を用いても等断面と同等な耐震性能を有することが確保できると考えられる。

そこで本研究では、変断面が等断面とほぼ変わらない強度と変形能を有するパイプ断面鋼製橋脚の設計法を提案するために、等断面と2段階変断面と3段階変断面の3種類計24ケースの柱について弾塑性有限変位解析を行った。

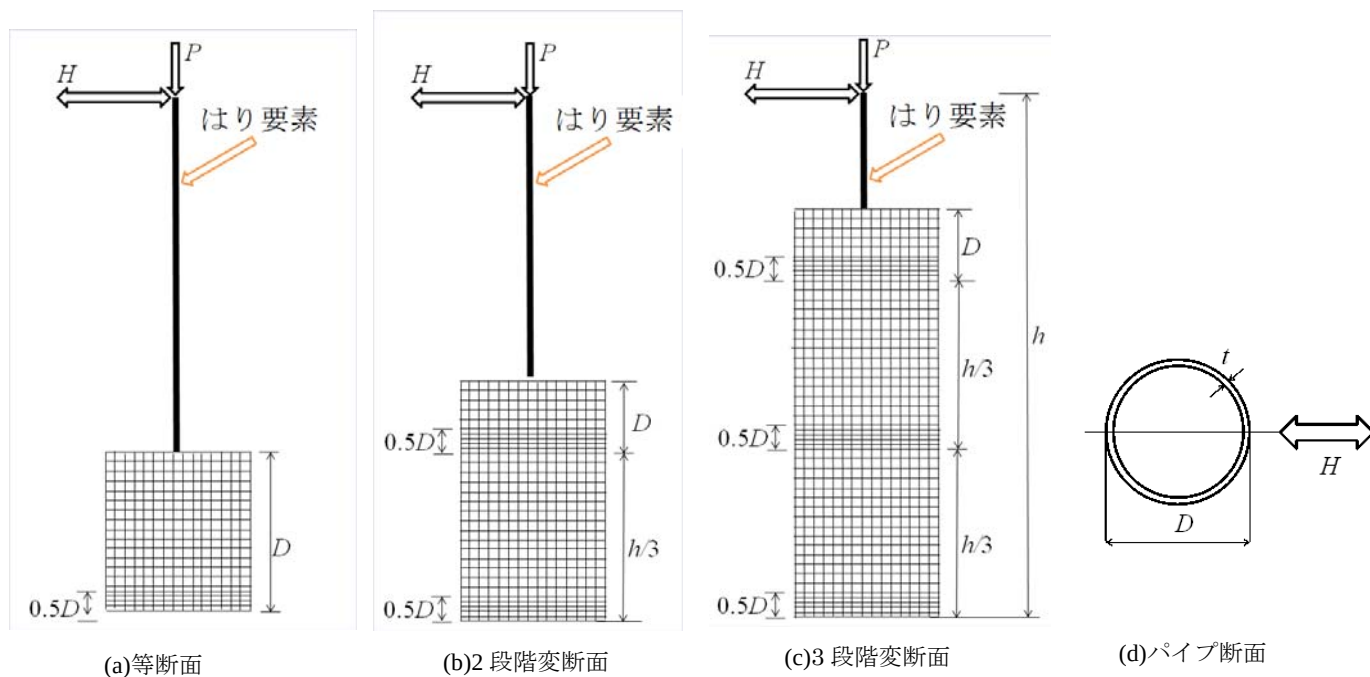


図-1 解析モデル

2. 解析手法

2.1 解析モデル

解析は、汎用有限要素法解析プログラム ABAQUS を使い、柱頂部に一定軸圧縮力 P を与えた状態で水平方向に繰り返し変位履歴を与えた。解析モデルは、図-1(a), (b), (c)にそれぞれ等断面、2段階変断面（上段の厚さは下段の2/3倍）、3段階変断面（上段、中段の厚さはそれぞれ下段の1/2、2/3倍）を、図-1(d)にパイプ断面を示す。図-1(a)に示すように基部から直径 D の2倍の高さまでを shell 要素、それより上は、beam 要素とした。

(b)は、基部から $h/2$ と直径 D を合わせた高さまでを shell 要素、それより上は、beam 要素とした。(c)は、基部から $2h/3$ と直径 D を合わせた高さまでを shell 要素、それより上は、beam 要素とした。shell 部分の分割は、過去の研究^{1),2)}より、局部座屈は、鋼製橋脚の基部や変断面部において発生する可能性が最も高いことから、基部から $0.5D$ までの位置を40分割とし、それより上

表-1 材料定数

鋼種	E(GPa)	ν	$\sigma_y(\text{MPa})$
SM490	206	0.3	315

は、20 分割とした。なお、細長比パラメータは 0.3, 0.5 とし、軸力は 1 次設計³⁾により算出した。

2.2 比較方法

図-2 に解析より得られた細長比パラメータが 0.3 の場合の水平荷重－水平変位履歴曲線を示す。図-3 に解析より得られた包絡線を示す。図-2 と図-3 の両方は、水平荷重 H 、水平変位 δ は降伏水平荷重 H_y 、降伏水平変位 δ_y でそれぞれ無次元化してある。また、凡例は P-○-□-△と示されているが、○は径厚比パラメータ(R_t)の下二桁、□は細長比パラメータ(λ)の下二桁、△は変断面の有無(1:等断面;2:2 段階変断面;3:3 段階変断面)を示している。材料の鋼種は SM490 を使用し、材料定数は表-1 に示している。図-1 に示される解析モデルの解析で得られた図-2 に示す水平荷重－水平変位曲線と図-3 に示す包絡線をもとに径厚比に着目して等断面、2 段階変断面、3 段階変断面と断面数が変化していくと共に基部の径厚比を 0.12 から 0.02 ずつ減少させていくことによる影響が変断面の強度と変形能にどの程度及ぼすのかを比較する。

3. 解析結果および考察

図-2 および図-3 の(a), (b), (c), (d)のどの図を見ても 2 段階変断面橋脚は等断面の場合とほぼ同様な強度と変形能を示しているが、3 段階変断面橋脚は、かなり低い結果となっている。これは、2 段階変断面鋼製橋脚の座屈位置が、等断面の場合と同様に、柱基部に発生しているのに対して、3 段階変断面のケースにおいては中段の変断面部に発生しているからである。また、基部断面の径厚比 $R_t=0.12$, $R_t=0.1$, $R_t=0.08$, $R_t=0.06$ へと径厚比を変化していくと共に、等断面、2 段階変断面、3 段階変断面のそれぞれにおいて、強度と変形能が高くなっていることがわかる。

4. あとがき

より詳細な検討をしていく必要があるが、等断面と同等な耐震性能をもつ変断面鋼製橋脚を設計するのが可能であることがわかった。

参考文献: 1) 葛ら(1987): 鋼製パイプ断面橋脚の繰返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究, 土木学会論文集, No.577/I-41, pp.181-190. 2) 葛ら(2000): 鉛直荷重が偏心して作用する鋼製橋脚の繰返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究, 土木学会論文集, No.654/I-52, pp.271-284. 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説書 V 耐震設計編, 丸善, 2002.

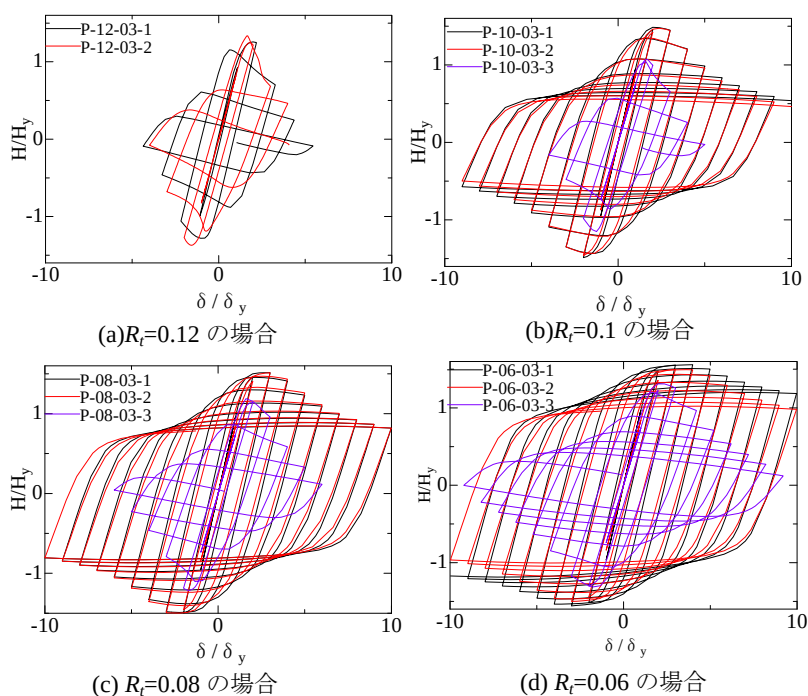


図-2 水平荷重－水平変位曲線

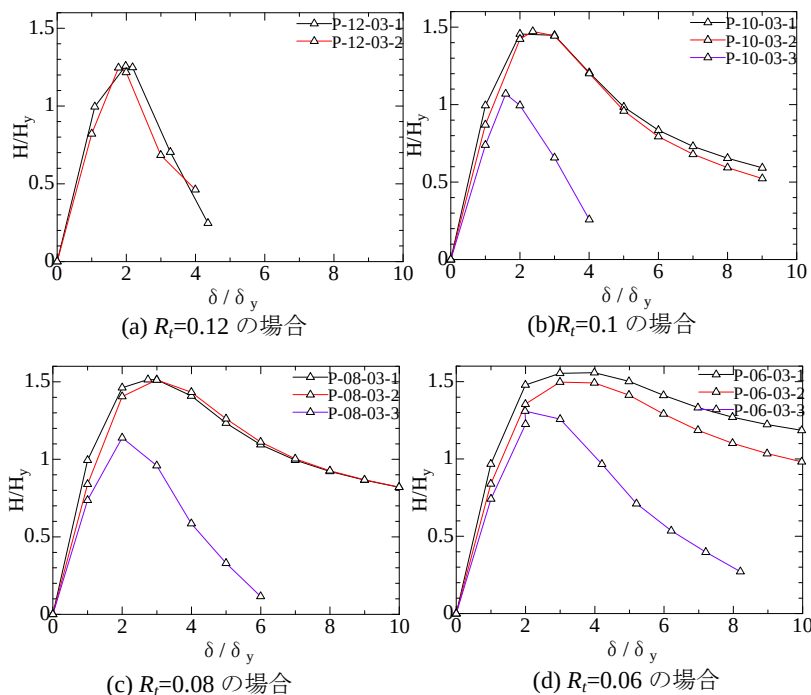


図-3 包絡線